

Метод повышения функциональной надёжности перемычки магистральных трубопроводов

Н.И. Самойленко, д-р техн. наук, М.В. Булаенко, канд. техн. наук, О.М. Штельма

Харьковская национальная академия городского хозяйства

61002 Украина, г. Харьков, ул. Революции, 12

Одним из методов повышения надежности водоснабжения является поэлементное резервирование и устройство перемычек вдоль магистральных линий трубопроводов. В последнем случае резкое увеличение бесперебойности поставки воды достигается при незначительных дополнительных затратах на строительство перемычек. Устройство перемычек между параллельными линиями водовода позволяет в случае аварии ограничиваться отключением только поврежденного участка.

Целью работы является получение математической модели функциональной надежности (ФН) перемычки в напорных магистральных водоводах при независимых отказах конструктивных элементов этой перемычки.

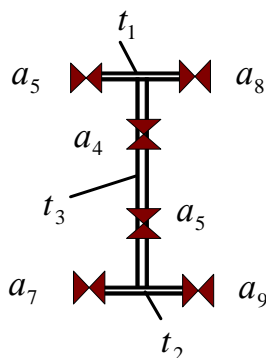


Рис.1

Конструкция перемычки для магистральных водоводов, состоящих из двух параллельных линий, включает три трубопроводные зоны t_1, t_2, t_3 и шесть задвижек a_4, a_5, \dots, a_9 (рис.1). Каждой зоне и задвижке соответствует вероятность выхода из строя: q_1, q_2, \dots, q_9 , и вероятность безотказной работы: p_1, p_2, \dots, p_9 . Данные вероятности связаны равенствами:

$$q_i + p_i = 1, \quad i = \overline{1,9}. \quad (1)$$

Отсекающие задвижки a_6, a_7, a_8, a_9 только конструктивно относятся к перемычке, а функционально – к трубопроводным линиям, которые перемычка соединяет. По этой причине состояния задвижек a_6, a_7, a_8, a_9 учитываются при расчете ФН параллельных трубопроводов и не учитываются при расчете ФН самой перемычки.

Если задвижки a_6, a_7, a_8 и a_9 условно отнести к подсоединяемым трубопроводам, то влияние остальных элементов перемычки на бесперебойное транспортирование целевого продукта через данную перемычку можно выразить с помощью таблицы истинности логической функции $f_1(x_1, x_2, x_3, x_4, x_5)$. Здесь логические переменные x_1, x_2, x_3 принимают значение 0, если соответственно зоны t_1, t_2, t_3 находятся в неисправном состоянии, а значение 1 – в противном случае. Аналогично переменные x_4, x_5 равны 0, если соответственно задвижки a_4, a_5 неисправны, и равны 1, если исправны. Сама функция $f_1(x_1, x_2, x_3, x_4, x_5)$ является математической моделью работоспособности

перемычки – бесперебойного пропуска воды. Данная функция учитывает все возможные состояния перемычки, общее число которых определяется величиной 2^n , где n – число логических переменных.

Сокращенная дизъюнктивная нормальная форма логической функции состояния перемычки имеет вид:

$$f_{1c}(x_1, x_2, x_3, x_4, x_5) = x_1 x_4 \vee x_2 x_5. \quad (2)$$

Как следует из выражения (2), функция $f_1(x_1, x_2, x_3, x_4, x_5)$ не зависит от значения x_3 , то есть состояние трубопроводной зоны t_3 не влияет на бесперебойность поставки целевого продукта через перемычку. В этом случае работоспособность перемычки может быть описана функцией $f_2(x_1, x_2, x_4, x_5)$, а вероятность нахождения перемычки в том или ином состоянии – функцией $p(x_1, x_2, x_4, x_5)$.

Дизъюнктивная нормальная форма логической функции работоспособности перемычки $f_2(x_1, x_2, x_4, x_5)$ имеет вид:

$$f_2 = \bar{x}_1 x_2 \bar{x}_4 x_5 \vee \bar{x}_1 x_2 x_4 x_5 \vee x_1 \bar{x}_2 x_4 \bar{x}_5 \vee x_1 \bar{x}_2 x_4 x_5 \vee x_1 x_2 \bar{x}_4 x_5 \vee x_1 x_2 x_4 \bar{x}_5 \vee x_1 x_2 x_4 x_5. \quad (3)$$

Математическая модель перемычки принимает вид

$$P^f = p_2 p_5 + p_1 p_4 - p_1 p_2 p_4 p_5. \quad (4)$$

Для симметричной конструкции перемычки, когда обе трубопроводные зоны t_1 и t_2 имеют одинаковую вероятность безотказной работы p_t , а задвижки a_4 и a_5 – p_a , математическая модель (4) упрощается:

$$P^f = 2p_t p_a - (p_t p_a)^2. \quad (5)$$

Таким образом, получены математические модели функциональной надежности несимметричной и симметричной перемычек между двумя трубопроводными линиями.

Литература:

1. Ильин Ю.А. Надёжность водопроводных сооружений и оборудования. – М.: Стройиздат, 1985. – 240 с.
2. Самойленко М.І., Кузнецов А.І., Костенко О.Б. Теорія ймовірностей. – Х.: ХНАМГХ, 2008. – 194 с.